

Patent number: JP10111137

Publication date: 1998-04-28

Inventor: GUNJI YASUHIRO; KURATA KENICHIRO; KURODA KOJI; NAKAMURA KOZO

Applicant: HITACHI LTD; ZANAVY INFORMATICS KK

Classification:

- international: *G01C21/00; G01S5/14; G08G1/0969; G09B29/10; G01C21/00; G01S5/14; G08G1/0969; G09B29/10; (IPC1-7): G01C21/00; G01S5/14; G08G1/0969; G09B29/10* -

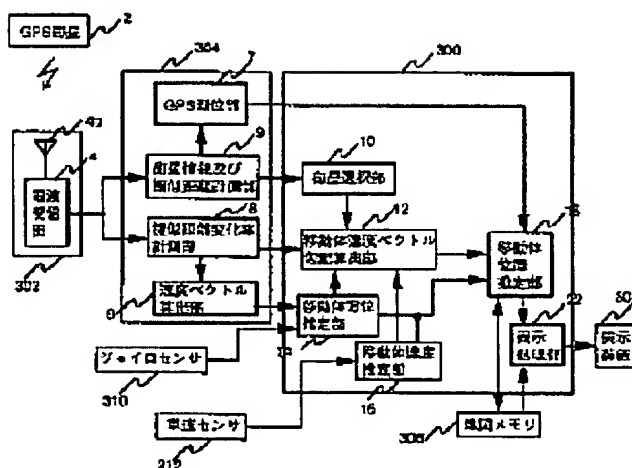
- european:

Application number: JP19960266096 19961007

Priority number(s): JP19960266096 19961007

Report a data error here

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a GPS navigator wherein inclination information can be inexpensively and precisely detected without any exclusive sensor and route guide performance can be improved. **SOLUTION:** An inclination in the direction of moving of a moving object is calculated from the azimuth of the moving object measured by means of a pseudo-distance change rate output from a GPS receiver 304, other satellite information and a gyro sensor 310 and the vehicle speed of the moving object measured by a vehicle speed sensor 312. Furthermore, on the basis of inclination data, if the inclination data does not exist in road link information, addition is performed thereto, if it exists, the information is collated by matching processing, detection precision of a position is improved, in addition, the inclination data are utilized in bird-eye view display of a map display, and display is more intuitively easily understood.



4/21/2006

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-111137

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月28日

(51) Int. Cl. °
G01C 21/00
G01S 5/14
G08G 1/0969
G09B 29/10

識別記号

F I
G01C 21/00 D
G01S 5/14
G08G 1/0969
G09B 29/10 A

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全21頁)

(21) 出願番号 特願平8-266096

(22) 出願日 平成8年(1996)10月7日

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(71) 出願人 591132335
株式会社ザナヴィ・インフォマティクス
神奈川県座間市広野台2丁目4991番地
(72) 発明者 郡司 康弘
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(72) 発明者 倉田 謙一郎
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(74) 代理人 弁理士 富田 和子

最終頁に続く

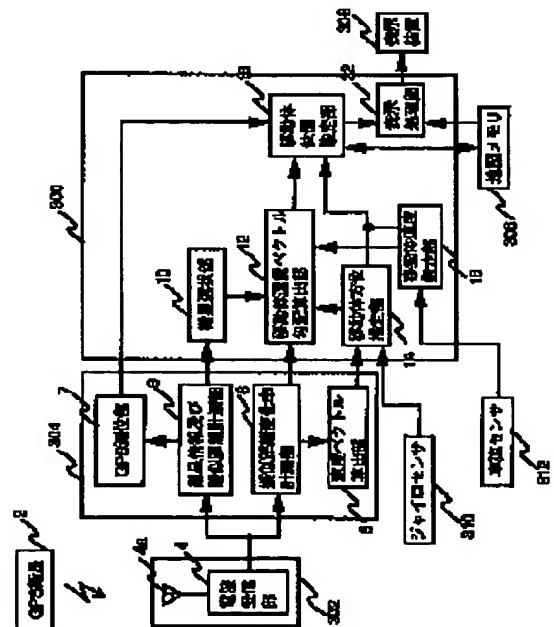
(54) 【発明の名称】 GPSナビゲーション装置

(57) 【要約】

【課題】 勾配情報が専用のセンサなしに安価に精度良く検出でき、ロケーション精度、経路誘導性能を向上させることができるGPSナビゲーション装置を提供する。

【解決手段】 GPS受信機304から出力される擬似距離変化率と、その他の衛星情報と、ジャイロセンサ310を用いて計測した移動体方位と、車速センサ312により計測した移動体車速とから、移動体の移動方向の勾配を算出し、さらに、その勾配データを基にして、道路リンク情報に勾配データがない場合は追加し、ある場合はその情報をマップマッチング処理で照合させ位置の検出精度を向上させ、また、勾配データは、地図表示画面の鳥瞰図表示に利用して、表示をより直観的に分かり易くする。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】GPS 衛星からの GPS 信号を受信する GPS 受信部と、前記受信した GPS 信号から衛星情報および擬似距離を取得する衛星情報取得手段と、受信可能な GPS 衛星が所定数以上ある場合、当該受信した GPS 衛星の各々について取得された前記衛星情報及び擬似距離から移動体の位置を決定する GPS 測位手段とを有する GPS ナビゲーション装置において、
前記 GPS 信号から GPS 衛星毎に擬似距離変化率を測定する擬似距離変化率計測手段と、
移動体の速度と方位のうち少なくとも一方を、前記 GPS 信号を利用せずに計測する移動体速度／方位計測手段と、
前記 GPS 測位手段により決定された移動体位置と、前記衛星情報取得手段により得られた少なくとも 1 個の受信可能な GPS 衛星についての衛星情報と、当該少なくとも 1 個の受信可能な GPS 衛星について前記擬似距離変化率計測手段で得られた擬似距離変化率と、前記移動体速度／方位計測手段により計測された移動体の速度および方位のうち少なくとも一方とから、移動体の速度ベクトルの水平面からの角度（以下では勾配と呼ぶ）を算出する移動体速度ベクトル勾配算出手段とを有することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 2】請求項 1 において、
前記移動体速度ベクトル勾配算出手段から得られた勾配情報を、当該 GPS ナビゲーション装置のユーザに告知する勾配情報伝達手段をさらに有することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 3】請求項 2 において、
前記決定された移動体の現在位置を表示する表示手段をさらに有し、
前記勾配情報伝達手段は、模式的に表示された移動体が前記勾配量に対応する量だけ傾いた状態を前記表示手段に表示することで、ユーザに告知するものであることを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 4】請求項 1 において、
移動体が移動する各道路についての勾配情報を含む地図データを記憶するための記憶手段と、
前記移動体速度ベクトル勾配算出手段から得られた勾配情報と、当該勾配情報に対応する前記地図データの情報との照合具合から、移動体の位置を推定する移動体位置推定手段とをさらに有することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 5】請求項 4 において、
前記地図データが、そこに含まれている勾配情報の書き換えが可能であるように前記記憶手段に記憶されている場合、前記移動体速度ベクトル勾配算出手段から得られた勾配情報を、前記地図データの対応する情報と照合させ、その照合具合に応じて修正を行なう、勾配情報修正手段をさらに有することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

装置。

【請求項 6】請求項 4 において、
前記地図データが、勾配情報の追加が可能であるように前記記憶手段に記憶されている場合、前記移動体速度ベクトル勾配算出手段から得られた勾配情報に対応する情報が、前記地図データにあるかを判断し、無いと判断された場合には当該勾配情報を前記地図データに追加する、勾配情報追加手段をさらに有することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

10 【請求項 7】請求項 4 において、
前記推定された移動体の位置を示す所定の表示マークを、当該位置を含む所定範囲領域の地図データに基づく地図画像に重畳させて表示するための画像データを生成する表示処理手段と、
前記生成された画像データを表示する表示手段とをさらに有し、
前記画像データ中の地図画像には、前記地図データに含まれている勾配情報に対応する勾配を示す画像が含まれていることを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

20 【請求項 8】請求項 1 において、
受信可能な GPS 衛星が複数個ある場合、これら複数個の GPS 衛星の中から、予め定めた選択基準により前記移動体速度ベクトル勾配算出手段での処理に用いる前記少なくとも 1 個の GPS 衛星を選択する衛星選択手段をさらに有することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 9】請求項 8 において、
前記衛星選択手段は、前記衛星情報取得手段により得られた衛星情報から求められた衛星位置の仰角が大きい衛星を優先的に選択することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 10】請求項 8 において、
前記衛星選択手段は、前記衛星情報取得手段により得られた衛星情報から求められた衛星位置の方位角が移動体の進行方向もしくはその 180 度反対方向により近い衛星を優先的に選択することを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 11】請求項 8 において、
前記衛星選択手段は、2 個以上の GPS 衛星を選択するものであり、
前記移動体速度ベクトル勾配算出手段は、選択された 2 個以上の GPS 衛星のそれぞれについて勾配値を算出し、これら勾配値の平均を最終的な移動体の速度ベクトルの勾配を求めることを特徴とする GPS ナビゲーション装置。

【請求項 12】請求項 1 において、
前記移動体速度ベクトル勾配算出手段は、受信可能な GPS 衛星が複数個ある場合、これら複数個のうち少なくとも 2 個の GPS 衛星を選択し、それぞれについて勾配値を算出すると共に、前記選択した各 GPS 衛星の位置

に応じた重み付けをし、これら重みを用いて前記算出した勾配値の平均を求め、当該平均を最終的な移動体の速度ベクトルの勾配とすることを特徴とするGPSナビゲーション装置。

【請求項 1 3】請求項 1 において、

移動体は自動車であり、

前記移動体速度／方位計測手段は、前記自動車の車輪の回転状態を計測する車速センサを少なくとも含んで構成されることを特徴とするGPSナビゲーション装置。

【請求項 1 4】請求項 1 において、

前記移動体速度／方位計測手段は、移動体の移動方位の変化により生じる回転角速度を検出するジャイロセンサ、および、地図データ中の道路リンク方位のうち少なくとも一方を用いて移動方位を決定する手段を少なくとも含んで構成されることを特徴とするGPSナビゲーション装置。

【請求項 1 5】請求項 1 において、

移動体は自動車であり、

前記移動体速度／方位計測手段は、前記自動車の車輪の回転状態を計測する車速センサと回転角速度を検出するジャイロセンサとを有し、これらセンサにより移動体の速度及び方位を計測するものであり、
前記移動体速度ベクトル勾配算出手段は、各GPS衛星について、

前記移動体位置と前記衛星情報とから、移動体位置を原点とする座標系での計測される衛星の仰角及び方位角を求めると共に、衛星の速度ベクトル中の移動体から衛星への視線方向成分を算出し、

前記求められた衛星の仰角および方位角と、前記算出された衛星速度ベクトルの視線方向成分と、前記計測された移動体の速度及び方位と、前記計測された疑似距離変化率とから、移動体速度ベクトルの勾配を算出することを特徴とするGPSナビゲーション装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体に備えられたGPS (Global Positioning System) 装置と種々のセンサにより移動体の運動を検出し、それらの検出信号を組み合わせてることにより、移動体の位置情報等の精度を向上させることができるGPSナビゲーション装置に関する。

【0002】

【従来の技術】測位装置の一つとしてGPS測位装置がある。このGPS測位装置は、通常3個以上のGPS衛星からの信号を同時に受信し、各GPS衛星と受信点との間のGPS受信機の時刻オフセットを含んだ疑似距離データ及び各GPS衛星の位置データより、受信点の位置を計算するように構成されている。

【0003】従来のGPSナビゲーション装置は、このGPS測位装置を利用したもので、上記計算された受信

点の位置、例えば当該GPSナビゲーション装置を搭載している移動体の現在位置を、その周辺の地図に重畳して表示する。

【0004】さらに、近年では、入力された移動体の目的地に応じて、自動的に経路の誘導を行なう経路誘導機能を備えるGPSナビゲーション装置も提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のGPSナビゲーション装置において、GPS衛星信号を地上で受信するためには、GPS衛星は受信点から見て地平線より上側になければならない。すなわち、受信可能なGPS衛星の配置は、常に空間的に偏った範囲に限定されることになる。これは測量の原理からすれば、受信点から見て水平方向の誤差に比べ、鉛直方向の誤差が大きくなることを意味する。

【0006】すなわち、従来のGPSナビゲーション装置に含まれるGPS受信機が出力する緯度、経度、高度で見れば、緯度、経度に比べ高度の計測誤差が大きくなり、また速度ベクトルで見れば、水平方向の方位や速度に比べ、鉛直方向の成分での計測誤差が増大する。よって、例えば、高度の増減を伴った移動状態を正確に把握することが難しい。

【0007】一方、GPSナビゲーション装置の一つとして、自動車の現在位置を計測するカーナビゲーションシステムがある。このカーナビゲーションシステムにおいて測位結果を表示する際に用いられる地図情報もまた、平面方向の精度が優先されている。すなわち、鉛直方向の高度情報は全く無いが、または有っても、地形図的情報であり、実際に自動車等が走行している道路の高度や勾配とは必ずしも一致しない場合が多い。

【0008】以上のようにGPSナビゲーション装置での位置の計測及び表示の両面において、鉛直方向成分は軽視されてきており、そのために以下のような問題が発生している。

【0009】計測面では、高架道路の真下にも道路がある場合には、いずれの道路を走行しているかの区別が難しいという問題がある。これは上下どちらの道路に在るかによって誘導内容を変える必要がある。従来のカーナビゲーションシステムが備えている経路誘導機能の性能に大きく影響する。また、上下の道路が平面的にずれた位置にあった場合でも、鉛直方向の情報を使わない限り、いずれの道路に在るかは、平面方向の計測精度程度までの識別しかできないという問題もある。

【0010】一方、表示面では、実際の走行状態により近い表示法として3次元表示(擬似的)があるが、前述の通り、高度情報が無い場合、または有った場合でも地形図情報に限定される場合には、リアリティのある3次元表示は難しくなる。

【0011】本発明は上記の問題点を鑑みてなされたも

のであり、移動体の鉛直方向の変化に関する情報、いわゆる勾配情報を、そのための専用のセンサを使うことなく精度良く検出することができるGPSナビゲーション装置を提供することを目的とする。また、上記勾配情報を得ることによって、高架道路かその下の道路かの区別や、よりリアリティのある3次元表示を可能にするGPSナビゲーション装置を提供することを本発明の目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、GPSナビゲーション装置において、GPS信号からGPS衛星毎に擬似距離変化率を測定する擬似距離変化率計測手段と、移動体の速度と方位のうち少なくとも一方を、GPS信号を利用せずに計測する移動体速度／方位計測手段と、GPS測位手段により決定された移動体位置と、前記衛星情報取得手段により得られた少なくとも1個の受信可能なGPS衛星についての衛星情報と、当該少なくとも1個の受信可能なGPS衛星について前記擬似距離変化率計測手段で得られた擬似距離変化率と、前記移動体速度／方位計測手段により計測された移動体の速度および方位のうち少なくとも一方とから、移動体の速度ベクトルの水平面からの角度（以下では勾配と呼ぶ）を算出する移動体速度ベクトル勾配算出手段とを有する。

【0013】また、上記本発明において、前記移動体速度ベクトル勾配算出手段から得られた勾配情報を当該GPSナビゲーション装置のユーザに告知する勾配情報伝達手段をさらに有する構成としても良い。

【0014】また、上記本発明において、決定された移動体の現在位置を表示する表示手段をさらに有し、前記勾配情報伝達手段が、模式的に表示された移動体が前記勾配量に対応する量だけ傾いた状態を前記表示手段に表示することで、ユーザに告知する構成としても良い。

【0015】また、上記本発明において、移動体が移動する各道路についての勾配情報を含む地図データを記憶するための記憶手段と、前記移動体速度ベクトル勾配算出手段から得られた勾配情報と、当該勾配情報に対応する前記地図データの情報との照合具合から、移動体の位置を推定する移動体位置推定手段とをさらに有する構成としても良い。

【0016】また、上記本発明において、前記地図データが、そこに含まれている勾配情報の書き換えあるいは追加が可能であるように前記記憶手段に記憶されている場合、前記移動体速度ベクトル勾配算出手段から得られた勾配情報を、前記地図データの対応する情報と照合させ、その照合具合に応じて修正や追加を行なう手段を設けてもよい。

【0017】また、上記本発明において、前記推定された移動体の位置を示す所定の表示マークを、当該位置を含む所定範囲領域の地図データに基づく地図画像に重畳

させて表示するための画像データを生成する表示処理手段と、前記生成された画像データを表示する表示手段とをさらに有し、前記画像データ中の地図画像には、前記地図データに含まれている勾配情報に対応する勾配を示す画像を含む構成としてもよい。

【0018】また、上記本発明において、受信可能なGPS衛星が複数個ある場合、これら複数個のGPS衛星の中から、予め定めた選択基準により前記移動体速度ベクトル勾配算出手段での処理に用いる前記少なくとも1個のGPS衛星を選択する衛星選択手段を設け、衛星位置の仰角が大きい衛星を優先的に選択したり、あるいは、衛星位置の方位角が移動体の進行方向もしくはその180度反対方向により近い衛星を優先的に選択してもよい。

【0019】また、上記本発明においては、2個以上のGPS衛星を選択する場合には、前記移動体速度ベクトル勾配算出手段は、選択された2個以上のGPS衛星のそれぞれについて勾配値を算出し、これら勾配値を単純平均するか、あるいは、衛星位置に応じた付けられた重みを用いて平均することで、移動体の速度ベクトルの勾配を求めても良い。

【0020】また、上記本発明において、前記移動体速度／方位計測手段を、前記自動車の車輪の回転状態を計測する車速センサ、あるいは、移動体の移動方位の変化により生じる回転角速度を検出するジャイロセンサ、および、地図データ中の道路リンク方位のうち少なくとも一方を用いて移動方位を決定する手段を含んで構成してもよい。

【0021】また、上記本発明において、移動体が自動車であり、前記移動体速度／方位計測手段が、前記自動車の車輪の回転状態を計測する車速センサと回転角速度を検出するジャイロセンサとを有し、これらセンサにより移動体の速度及び方位を計測するものである場合には、前記移動体速度ベクトル勾配算出手段は、各GPS衛星について、前記移動体位置と前記衛星情報とから、移動体位置を原点とする座標系での計測される衛星の仰角及び方位角を求めると共に、衛星の速度ベクトル中の移動体から衛星への視線方向成分を算出し、前記求められた衛星の仰角および方位角と、前記算出された衛星速度ベクトルの視線方向成分と、前記計測された移動体の速度及び方位と、前記計測された擬似距離変化率とから、移動体速度ベクトルの勾配を算出する構成としても良い。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用したGPSナビゲーション装置の実施形態を図面を参照して説明する。なお、以下の実施形態でGPSナビゲーション装置は、自動車等の地表を移動する移動体に搭載されるものとする。

【0023】本発明が適用されたGPSナビゲーション

10

20

30

40

50

装置の第 1 の実施形態は、自動車用ナビゲーション装置であって、そのハードウェア構成として、例えば図 2 に示すように、GPS 衛星からの GPS 電波信号を受信するアンテナを含むアンテナ部 302、アンテナ部 302 から出力される受信信号から受信点（以下では移動体の現在位置あるいは位置と呼ぶ）の測位や擬似距離変化率計測等を行う GPS 受信機 304、及び、GPS 受信機 304 からの出力結果を使って移動体の移動速度ベクトルを算出し移動体の位置を推定すると共に周辺装置の制御等を行う、例えばマイクロコンピュータ等の演算処理回路により実現されるコントローラ 300 を有する。

【0024】本実施形態の装置は、さらに、移動体の方位変化量（回転角速度）を検出するジャイロセンサ 310、道路地図データを CD-ROM 等を用いて記憶しておく地図メモリ 306、及び、コントローラ 300 で推定した移動体の現在位置を、地図メモリ 306 から読み出した周辺地図に重ねてユーザに対し表示する、CRT や液晶ディスプレイを備える表示装置 308 を有する。

【0025】ジャイロセンサ 310 は、地磁気の計測を行うことなく、当該センサが取り付けられる移動体の進行方向の変更などに伴い生じる回転運動の回転角速度を測定するものであり、例えば振動ジャイロや光ファイバジャイロにより構成される。また、地図メモリ 306 は、後述の第 3 の実施形態で説明するように DVD-RAM 等の書き換え可能なメモリにより構成しても良い。

【0026】本実施形態の装置は、さらに、例えば移動体の車輪の回転状態を計測することで、移動体の移動速度を検出する車速センサ 312 を有する。なお、移動体である自動車本体に車速に関する情報を検出する手段が設けられているような場合には、車速センサ 312 を新たに設ける代わりに、上記車速情報を取得する手段を設ける構成としても良い。いずれの場合でも、後述するように勾配情報をより精度良く得るためには、通常、車速センサ 312 として使用されている、自動車のタイヤの回転数を検出する車輪速度センサから得られる数%程度の精度を達成できる速度情報が望ましい。

【0027】次に、本実施形態での各構成要素の詳細説明を、図 1 を用いて行う。

【0028】本実施形態において、アンテナ部 302 は、図 1 に示すように、GPS 電波信号を受信するアンテナ 4a と、アンテナ 4a で受信された複数の GPS 衛星からの GPS 信号の内、所定の信号強度以上の GPS 信号だけを選択して出力する電波受信部 4 とを有する。

【0029】GPS 受信機 304 は、電波受信部 4 からの出力信号に基づいて、受信している GPS 信号に対応する GPS 衛星 2 と移動体との間の擬似距離の時間変化率に対応する擬似距離変化率を、それぞれの GPS 衛星について測定する擬似距離変化率計測部 8 を有する。

【0030】擬似距離変化率計測部 8 は、例えば、GPS 衛星と移動体との相対速度に対応したドップラー効果

により変化している、GPS 信号の搬送波のドップラー周波数を測定し、その測定値と、既知の当該搬送波の発信周波数とを比較することにより、擬似距離変化率を測定する。

【0031】GPS 受信機 304 には、さらに、周知の GPS 測位装置と同様に、受信している GPS 信号に対応する GPS 衛星の軌道等に関する衛星情報、及び、GPS 衛星と移動体との間の擬似距離（レンジ）情報をそれぞれ計測する衛星情報及び擬似距離計測部 9 と、当該計測部 9 で計測された結果から、通常測位可能な場合（例えば受信可能な GPS 衛星数が 3 個以上の場合）、周知の GPS 測位を行い移動体の現在位置を測定する GPS 測位部 7 と、また擬似距離変化率計測部 8 で計測された結果から、移動体の速度ベクトルを算出する速度ベクトル算出部 6 と、測位精度の指標となる DOP（Dilution of Precision）の測定部等（図示せず）が含まれている。

【0032】なお、本実施形態では、アンテナ部 302 の電波受信部 4 で、信号強度が所定値以上の GPS 信号だけを選択して、その信号を GPS 受信機 304 に含まれる各部 8、9 へ送る構成としているが、本発明のアンテナ部 302 及び GPS 受信機 304 の構成は、これに限定されるものではない。このような構成の代わりに、例えば、電波受信部 4 では受信信号をすべて増幅して GPS 受信機 304 へ送り、受信状態が良好と判断された GPS 信号を、擬似距離変化率計測部 8 及び、衛星情報及び擬似距離計測部 9 へ送る構成としてもよい。

【0033】コントローラ 300 は、衛星情報及び擬似距離計測部 9 において得られる衛星情報や GPS 信号の受信状態に応じて、移動体の勾配を算出するのに用いる衛星を選択する衛星選択部 10、その衛星選択部 10 で選ばれた衛星の擬似距離変化率を測定部 8 の測定結果から取得し、別途移動体方位を推定する移動体方位推定部 14、移動体速度を推定する移動体速度推定部 16、移動体方位推定部 14 および移動体速度推定部 16 からの情報を併せて移動体の移動方向の勾配を算出する移動体速度ベクトル勾配算出部 12、および、移動体速度ベクトル勾配算出部 12 と移動体方位推定部 14 と移動体速度推定部 16 と GPS 測位部 7 と地図メモリ 306 との情報を総合的に評価して移動体の位置を推定する移動体位置推定部 18 を有する。

【0034】コントローラ 300 は、さらに、移動体位置推定部 18 で推定された移動体位置及びそれを含む領域の地図の表示を行うための画像データを生成して表示装置 308 へ送る表示処理部 22 を有する。

【0035】衛星選択部 10 は、移動体速度ベクトル勾配算出部 12 での算出処理に適用可能な衛星が複数個ある場合、予め定めた基準に照らして 1 つあるいは複数個の衛星を選択する。例えば、衛星情報及び擬似距離計測部 9 により得られた衛星情報の仰角データが大きい方の

10

20

30

40

50

衛星を優先的に選択する。あるいは、衛星情報の方位角データが移動体の進行方向もしくはその反対方向により近い衛星を優先的に選択してもよい。また、選択する際には、衛星選択部10では、複数の適用可能な衛星から必ずしも一つに絞る必要はなく、上記のような仰角データや方位角データを基にして各々の衛星情報に重みを付けた形で後述する勾配算出法により、平均的な勾配を求めてもよい。詳細な選択方法については後述する。

【0036】移動体速度ベクトル勾配算出部12は、上記衛星選択部10で選ばれた衛星の疑似距離変化率を疑似距離変化率測定部8から取得し、この疑似距離変化率情報に、別途移動体方位を推定する移動体方位推定部14と、移動体速度を推定する移動体速度推定部16からの情報とを併せて、後述する方法により移動体の移動方向の勾配を算出する。詳細な勾配算出方法については後述する。

【0037】移動体方位推定部14は、通常測位が可能な場合において、速度ベクトル算出部6により確定した最終方位（時間的に一番新しい方位）からの、移動体の回転角を、ジャイロセンサ310で計測した角速度を時間積分することで求め、前記求められた回転角と前記最終方位とを加えることで、移動体の進行方位を算出する。

【0038】移動体速度推定部16は、移動体の車輪の回転を計測する車速センサ312によって、タイヤの回転率から単位時間当たりの走行距離を計測し、車速を算出する。

【0039】移動体位置推定部18は、移動体方位推定部14と移動体速度推定部16とにより得られた移動体速度ベクトルを、順次接続して時間積分することで、予め設定されている移動体の初期位置からの移動位置を求め、その位置データと、さらに勾配算出部12の出力する勾配値や、GPS測位部7が出力する位置データを、地図メモリ306の情報と照合して総合的に移動体の位置を推定する。

【0040】表示処理部22は、得られた移動体の現在位置の周辺地図情報を、地図メモリ306から読み出し、それらを重畳して表示するための画像データを生成して、表示装置308へ送る。

【0041】次に、本発明の特徴的構成の一つである、

【数2】

$$\begin{aligned}\dot{\rho} &= \frac{(U-x)(\dot{U}-\dot{x})+(V-y)(\dot{V}-\dot{y})+(W-z)(\dot{W}-\dot{z})}{\sqrt{(U-x)^2+(V-y)^2+(W-z)^2}} + \dot{B} \\ &= \frac{(U-x)(\dot{U}-\dot{x})+(V-y)(\dot{V}-\dot{y})+(W-z)(\dot{W}-\dot{z})}{\rho-B} + \dot{B}\end{aligned}$$

【0051】上記数2をGPS信号が受信可能なGPS衛星数だけ連立させ、xドット、yドット、zドット、Bドットを未知数として解く。この際、上記数2中の

移動体速度ベクトル勾配算出部12における、勾配算出原理について図3、図4を用いて説明する。

【0042】通常、図3に示すような配置のGPS衛星2と移動体210の現在位置（受信点）との間の擬似距離（レンジ） ρ は、次式で与えられる。

【0043】

【数1】

【数1】

$$\rho = \sqrt{(U-x)^2 + (V-y)^2 + (W-z)^2} + B \cdot c$$

【0044】ここで、BはGPS受信機304の時計とGPS衛星2の時計との時刻オフセット、x、y、zは移動体の現在位置（受信位置）を示す所定の座標系での座標値、U、V、Wは衛星位置を示す前記座標系での座標値である。

【0045】通常測位においては、上記数1が受信可能なGPS衛星数と同じ数だけで、U、V、Wは衛星信号自体に含まれる衛星情報（アルマナックデータまたはエフェメリスデータ）から既知であるため、擬似距離 ρ は、受信されたGPS信号電波の発信時の時計差から計測できる。

【0046】したがって、4個のGPS衛星からのGPS信号を受信し、それぞれのGPS信号について、上記数1を設定してできる4本の式を連立方程式として解くことにより、4つの未知数x、y、z、Bを求めることができる。これが、いわゆる3次元の通常測位と呼ばれている。

【0047】また、前記座標系において、移動体の高さ方向の座標（例えばz）を地球表面上として既知とすれば、GPS衛星3個の情報をもとに位置が特定できる。これが2次元の通常測位と呼ばれるものである。

【0048】次に、このようにして算出された移動体の位置をもとに、移動体の速度ベクトルを算出する方法を示す。

【0049】上記数1を時間積分した擬似距離変化率 ρ ドット（以下では変数の時間微分を”ドット”と記述する）は、次式で与えられる。

【0050】

【数2】

x、y、z、Bは、上記数1の解を代入する。また、Uドット、Vドット、Wドットは、GPS信号に含まれる衛星情報から既知である。また、 ρ ドットは、例えばG

P S 信号の発信電波のドップラー周波数を測定することにより得られる。

【0052】ここでも、移動体は地球上表面を移動するため、高さ方向の座標値は、変化しない（例えば z ドット = 0）として既知とすれば、GPS 衛星 3 個の情報をもとに、移動体の 2 次元の速度ベクトルが特定できる。

【0053】以上のように、受信可能な GPS 衛星数が最低 3 個以上あれば、速度ベクトル算出部 6 により、周知の GPS 測位により得られた移動体の現在位置に関する情報と擬似距離変化率とから、移動体の運動を表現するための移動体の速度ベクトル、すなわち車速と進行方位とを求めることができる。さらに、受信可能な GPS 衛星数が 4 個以上あれば、これらに加えて、精度は低い

が、 z 方向（鉛直方向）での移動速度を算出することも可能である。

【0054】さて、上記数 2 を変形すると、以下の数 3 が得られる。

【0055】

【数 3】

【数 3】

$$\dot{\rho} - \dot{B} = V_s \cdot \cos \theta_s - V_u \cdot \cos \theta_u$$

【0056】ここで、図 3 に示すように、 V_{s202} 、 V_{u212} は各々衛星 2 と移動体 210 の速度ベクトル、 θ_{s204} 、 θ_{u214} は、それぞれ移動体から衛星に向かう視線方向ベクトル 220 と移動速度ベクトル V_{s202} 、 V_{u212} とのなす角度を表す。なお、図 3 では、説明の都合上、両方の移動ベクトルとも紙面上に存在するように見えるが、両者の移動ベクトルに関して、そのような制限はなく任意の方向を向いたベクトルである。

【0057】（ $\rho - B$ ）は、図 3 に示したように、また上記数 1 から明らかなように、GPS 衛星 2 と受信点 210（移動体）との間の実際の距離 222 であり、その時間微分である（ ρ ドット - B ドット）は、ドップラー効果で言うところのドップラーシフト量に相当している。

【0058】すなわち、地球を周回している GPS 衛星 2 と移動体 210 との間の実際の距離の変化率は、両者の速度ベクトルの視線方向成分の差に等しいことを表している。

【0059】上記図 3 において、衛星および移動体の位置は、衛星および移動体のいずれにも関与しない絶対座標系で示されていたが、これを移動体の現在位置を原点とする座標系で示すと図 4 のようになる。この図 4 に示

【数 8】

$$\dot{\rho} - \dot{B} = V_s \cdot \cos \theta_s - V_u \cdot \{ \cos \beta \cos \gamma \cos(\theta - \alpha) - \cos \beta \cos(\theta - \alpha) \cdot \frac{\dot{\gamma}}{2} + \gamma \sin \beta \}$$

【0072】上記数 8 を変形すると、

【0073】

す座標系は、移動体 210 を原点に置き、東方向 - 北方向をそれぞれ X 、 Y 軸方向、高さ方向を Z 軸方向とした 3 次元座標系で定義されるものである。また、例えば道路のバンクに相当するロール角は移動体速度ベクトルに影響を与えないため考慮しなくてよい。

【0060】図 4 において、記号 β は、GPS 衛星 2 の高さ方向の角度である仰角、 γ は移動体の進行方向の高さ方向角度である勾配、 α 、 θ は各々衛星 2 と移動体 210 の地球表面上での方位角を表すものである。なお、図 3 で既知である座標位置やベクトル量は、座標変換により求めることができる。

【0061】上記数 3 の $\cos \theta_u$ を図 4 の関係から詳細に表す。 $\cos \theta_u$ はユーザ速度ベクトルの単位ベクトル E_u :

【0062】

【数 4】

【数 4】

$$E_u = [\cos \theta \cos \gamma, \sin \theta \cos \gamma, \sin \gamma]$$

【0063】と衛星視線方向単位ベクトル E_{u-s} :

【0064】

【数 5】

【数 5】

$$E_{u-s} = [\cos \alpha \cos \beta, \sin \alpha \cos \beta, \sin \beta]$$

【0065】の内積として表され、

【0066】

【数 6】

【数 6】

$$\cos \theta_u = E_u \cdot E_{u-s} = \cos \beta \cos \gamma \cos(\theta - \alpha) + \sin \beta \sin \gamma$$

【0067】となる。したがって、上記数 3 は、

【0068】

【数 7】

【数 7】

$$\dot{\rho} - \dot{B} = V_s \cdot \cos \theta_s - V_u \cdot \{ \cos \beta \cos \gamma \cos(\theta - \alpha) + \sin \beta \sin \gamma \}$$

【0069】と書き換えられる。

【0070】 $\sin \gamma$ 、 $\cos \gamma$ を級数展開し、移動体が移動する経路での勾配 γ は通常十分小さい（10 度以下）という仮定から 3 乗以降を無視し、 $\sin \gamma \approx \gamma$ 、 $\cos \gamma \approx 1 - \gamma \cdot \gamma / 2$ とおくと次式のようにになる。

【0071】

【数 8】

【数 9】

【数 9】

$$\frac{\gamma^2 A}{2} - \gamma \sin \beta - A + \frac{V_s \cdot \cos \theta_s - (\dot{\rho} - \dot{B})}{V_u} = 0$$

【0074】という γ に関する2次方程式の形になる。ここで、 $A = \cos \beta \cos(\theta - \alpha)$ であり、勾配 $\gamma = 0$ の時の $\cos \theta_u$ を表す。これを解くと、

【0075】

【数 10】

【数 10】

$$\gamma = \frac{\sin \beta}{A} \pm \sqrt{\left(\frac{\sin \beta}{A}\right)^2 + 2 - \frac{2}{A} \frac{V_s \cdot \cos \theta_s - (\dot{\rho} - \dot{B})}{V_u}}$$

【0076】となる。これが本実施形態にて用いる、勾配 γ を求めるための基本式である。式中の \pm は $\gamma = 0$ の状態を考えれば、+が対象とする衛星が車210の後方側にある場合（90度 $< \theta - \alpha < 270$ 度）、-が対象とする衛星が車210の前方側にある場合（0度 $< \theta - \alpha < 90$ 度、270度 $< \theta - \alpha < 360$ 度）となることわかる。

【0077】上記数10において、GPS衛星2の速度ベクトル V_s の視線方向成分 $V_s \cdot \cos \theta_s$ 、当該衛星2の仰角 β 、方位角 α は、それぞれ、現時点での受信可能なGPS衛星2について得られた衛星情報と、現時点ですでに得られている最新の移動体の位置とから導き出すことができるため既知となる。

【0078】すなわち、前記衛星情報には衛星の現在位置および速度ベクトルに関する情報が含まれている。よって、この衛星位置情報と移動体の現在位置とから視線方向ベクトルを最初に求め、この視線方向ベクトルと前記衛星速度ベクトルとのベクトル積から $V_s \cdot \cos \theta_s$ を求めることができる。また、衛星の仰角 β 、方位角 α は、上記図3の絶対座標系にあった衛星位置を、上記図4の移動体210を原点とする座標系に座標変換することにより求めることができる。

【0079】ここで、移動体の位置は、所定の位置決定周期で推定されるものであり、現時点で移動体位置推定部18において得られている最新の移動体位置を用いることができる。すなわち、GPS衛星2と移動体210とは通常約2万km離れており、この位置関係からすれば、移動体210の位置の精度が数百m程度の精度であれば、本実施形態の利用には十分である。

【0080】また、時刻オフセットの変化率であるBドットは、GPS衛星数が3個以上受信可能である通常測位状態であれば算出でき既知である。また、Bドットを一定と仮定し、通常測位状態のときに算出したBドットの値を用いれば、これも既知にできる。このBドット一定の仮定は、実際、短い時間においては十分成り立つ。

【0081】また、移動体の進行方位角 θ は、速度ベクトル算出部6で求めておいた方位角 θ_{gps} に、ジャイロセンサ310で計測した移動体の回転角速度を時間積分

して順次加えることによって、最新の移動体の進行方位として算出できる。

【0082】また、移動体の移動速度 V_u は、移動体の車輪の回転を計測する車速センサ312によって単位時間当たりの走行距離を計測し、車速を算出することができる、このようにして求められた車速は、一般的に言って、GPSの通常測位から得られる速度情報に比べて、より高精度に車速を決定することができる。

【0083】以上総合すると、GPSの通常測位が可能かどうかにかかわらず、1個以上のGPS衛星からのGPS信号を受信し、擬似距離変化率 ρ ドットを測定すれば、上記数10から明確（explicit）に、各GPS衛星毎に移動体の進行方向の勾配 γ が計算できることになる。

【0084】本実施形態の移動体速度ベクトル勾配算出部12では、車速センサ312から得られる高精度の速度情報を利用して、GPS衛星2と移動体210との相対関係から移動速度ベクトルの勾配情報を求めるものである。本実施形態の勾配算出方法によれば、上記「発明が解決しようとする課題」で述べられた、GPS測位の特性により高精度で求めることが難しいGPS速度ベクトルの鉛直成分の決定精度を、上記車速センサ312による精度の高さで補完することができる。

【0085】さらに、本実施形態の勾配算出方法によれば、原則的には信号を受信できたGPS衛星1個毎について勾配を求めることができるので、適切な選択条件により衛星を選択してより精度の高い勾配を求めたり、あるいは、ある条件範囲に含まれる複数の衛星を選択し、これら衛星について求められた複数の勾配値を平均してより精度の高い勾配を求めることができる。

【0086】なお、本実施形態ではGPS衛星を利用しないで移動体の移動速度が高精度に決定できる場合を例に挙げて説明したが、本発明はこの構成に限定されるものではない。例えば移動体の速度の代わりに移動体の方位を、GPS衛星を利用すること無く、高精度に求められる場合には、この方位を利用して、本実施形態と同様に移動体の勾配を求めることができる。この場合には例えば、上記数10の車速 V_u を、GPS衛星により決定された車速と高精度に決定された方位とから決定する構成としても良い。

【0087】次に、本実施形態のGPSナビゲーション装置での処理手順を、図5～7のフローチャートを用いて説明する。

【0088】本実施形態での主処理手順は、所定の時間周期で繰り返されるもので、例えば図5のゼネラルフローに示されているように、最初、本実施形態のGPSナビゲーション装置の電源ON（ステップ40）後、予め定められた所定の初期処理（ステップ42）が行われる。この初期処理の際、GPS測位部7での初期測位も行われ、GPS衛星2の軌道情報（アルマナックデータ

等)を含む衛星情報も取得される。

【0089】なお、以下の実施形態では、GPS受信機304の初期測位時には、3個以上のGPS衛星が受信可能であり、それらを利用した通常測位が可能であるものとする。また、GPS受信機304の初期測位の際に、通常測位が可能でない場合には、手動でユーザが現在位置を入力する構成としてもよい。

【0090】ステップ44では、本処理手順による前回処理で移動体位置推定部18により得られた位置、あるいは前回の位置が無ければ、上記GPS測位部7での初期測位結果を用いて現在位置を自動設定する。

【0091】ステップ46では、表示処理部22が、上記で設定された現在位置を含む領域の地図データを地図メモリ306から読み込み、さらに、当該地図データの示す地図上に、移動体の現在位置を示す所定のマークを重畳させて表示するように、画像データを生成し、表示装置308へ送る。

【0092】その後、ステップ48では、以下の割り込み処理50、60、65、70を許可する。移動体方位算出割込処理50は、一定時間 Δt 毎に入る処理であり、移動体の方位を、ジャイロセンサ310により得られたデータから、移動体方位推定部14により推定する。

【0093】移動体速度算出割込処理60もまた一定時間 Δt 毎に入る処理であり、移動体の速度を、車速センサ312により得られたデータから、移動体速度推定部16により推定する。

【0094】移動体勾配算出割込処理65は、移動体方位算出割込処理50での算出結果と、移動体速度算出割込処理60での算出結果と、GPS受信機304からの擬似距離変化率等に関するデータ等から、当該データがGPS受信機304で取得され出力される毎に、移動体速度ベクトル勾配算出部12において上記数10に基づき、移動体の進行方向の勾配が算出される。

【0095】移動体位置推定割込処理70では、移動体方位算出割込処理50での算出結果と、移動体速度算出割込処理60での算出結果と、移動体勾配算出割込処理65での算出結果と、GPS受信機304での測位結果と、地図メモリ306の情報とを相互に照合して、移動体の現在位置を推定する。

【0096】ステップ52では、移動体位置推定部18が、さらに、移動体位置推定割込処理70で推定された移動体位置と、ステップ44で設定された移動体の位置とを比較して、移動体の現在位置が移動しているかどうかの判定を行う。その結果、移動していれば(ステップ52でYes)、ステップ54へ進み、そこで表示処理部22が現在位置の表示を変更し、それに伴い地図の更新が必要であれば更新する。また、移動していなければ(ステップ52でNo)、ステップ50以下の処理を繰り返す。

【0097】次に、移動体方位推定部14により一定時間 Δt 毎に実行される、移動体方位算出割込処理50の処理手順を説明する。

【0098】本処理では、図6に示すように、最初にステップ55で、受信可能なGPS衛星数が3個以上の場合には、後述する移動体位置推定割込処理70のステップ80により算出されたGPS方位 θ_{gps} と、ジャイロセンサ310により計測した回転角速度 $\omega (=d\theta/dt)$ とを取得する。また、受信可能なGPS衛星数が3個未満の場合には、移動体位置推定割込処理70で得られたGPS方位の代わりに、後述するステップ56の、前回処理で求められたGPS方位 θ_{gps} を用いる。

【0099】ステップ56では、GPS方位 θ_{gps} に、予め定めた補正係数 a 、 b を含む以下の数式により、回転角速度 ω を時間積分して足し込む。

【0100】

$$\text{【数11】 } \theta_{\text{gps}} = \theta_{\text{gps}} + (a \times \omega - b) \times \Delta t$$

なお、補正係数 a 、 b は、使用するジャイロセンサ310に応じて設定されるものであり、例えばジャイロ誤差の補正を全く必要がない場合は、 $a=1$ 、 $b=0$ と設定してもよい。

【0101】次に、移動体速度推定部16により一定時間 Δt 毎に実行される、移動体速度算出割込処理60の処理手順を説明する。

【0102】本処理では、図7に示すように、最初にステップ61で、車速センサ312から出力される車輪の回転速度に応じたパルスカウンタ数から前回値との差分 ΔP を計算する。さらに、ステップ62で、以下の数式を用いて、その ΔP に車速変換係数 $F1$ と距離変換係数 $F2$ とをそれぞれ乗じることにより、速度 V_u と距離 D_u を算出する。

【0103】

$$\text{【数12】 } V_u = F1 \times \Delta P / \Delta t$$

$$D_u = F2 \times \Delta P$$

次に、移動体速度ベクトル勾配算出部12により一定時間 Δt 毎に実行される、移動体勾配算出割込処理65の処理手順を説明する。

【0104】本処理では、図8に示すように、最初にステップ651でその時点で知られている、例えば後述する移動体位置推定割込処理70の前回処理によって得られている、最新の移動体位置を入力する。さらに、ステップ652で、移動体210側のセンサから得られるデータに基づいた進行方位 θ と移動速度(車速) V_u を、移動体方位推定部14と移動体速度推定部16から入力する。

【0105】次に、ステップ653で衛星選択部10で行われる衛星選択処理において、移動体の移動方向勾配を算出するのに適した衛星を選択する。なお、衛星選択処理の具体例については以下の第2の実施形態で詳細説明する。

【0106】次に、ステップ654では、ステップ653で選択された衛星について、GPS衛星側の衛星情報や疑似距離変化率等のデータである衛星の方位角 α 、衛星の仰角 β 、疑似距離変化率 ρ ドット、時計誤差変化率 B ドットを入力する。

【0107】さらに、ステップ655では、前記選択された衛星の衛星情報に含まれている衛星位置とステップ651で入力された移動体の位置とから視線方向ベクトルを求め、当該視線方向ベクトルと当該衛星情報に含まれている衛星の移動速度ベクトルとから、衛星速度ベクトルの視線方向成分 $V_s \cdot \cos \theta_s$ を算出する。

【0108】最後に、ステップ656で、上述したステップで得られた各値を上記数10に入れ、前記選択された各衛星毎に移動体の移動方向の勾配を算出する。

【0109】次に、移動体位置推定部18により一定時間 Δt 毎に実行される、移動体位置推定割込処理70の処理手順を説明する。

【0110】本処理では、図9に示すように、最初にステップ72で、衛星情報およびGPSによる通常測位により取得された位置データ X_g 、 Y_g 、 Z_g を入力し、ステップ74で、移動体210の進行方位 θ_{gps} 、速度 V_u 、勾配 γ を各算出割込処理50、60、65の結果から取得する。

【0111】ステップ76では、現時点でGPSによる通常測位可能な状態（受信衛星数3個以上）かどうか判定する。通常測位可能な場合（ステップ76で Yes ）は、速度ベクトル算出部6により速度ベクトル3成分を得て、その内の水平成分 V_x 、 V_y を用いて、ステップ80で移動体の進行方位を以下の数式により算出する。

【0112】

【数13】 $\theta_{gps} = \tan^{-1} (V_y / V_x)$

また、上記式により算出した方位を直接 θ_{gps} に置き換えてもよいが、さらに、GPS方位の誤差成分のモデリングを行ない、カルマンフィルタ等によるフィルタリング処理を施し、GPSおよびジャイロセンサの誤差を相互に補完する手段をさらに設ける構成としても良い。

【0113】また、受信可能なGPS衛星数が1または2個の場合（ステップ76で No ）は、ステップ80のGPSの速度ベクトルによる方位の再設定を行わず、移動体方位算出割込処理50でのジャイロデータによる角速度の積算によってのみ移動体方位を定める。

【0114】その後、ステップ82において、移動体方位 θ_{gps} と移動体速度 V_u 、割込時間間隔 Δt により、移動体の水平面での移動距離成分 ΔX 、 ΔY が算出され、ステップ84で前回の処理で求められている現在位置座標 X 、 Y に各々足し込み、新たな移動体の位置 X 、 Y を求める。

【0115】こうして求められた位置 X 、 Y は、ステップ86において、GPS通常測位可能時にGPS測位部7から出力されるGPS測位位置 X_g 、 Y_g 、 Z_g と比較

され、大きく離れている場合（ステップ86で Yes ）はステップ88に進み、GPS測位位置 X_g 、 Y_g にリセットされる。ステップ88の終了後およびステップ86で No の場合は、ステップ90のマップマッチング処理に入る。

【0116】このマップマッチング処理90の一例を、図10を用いて説明する。

【0117】まず現在位置 X 、 Y と移動体方位 θ_{gps} と勾配 γ がステップ91で入力され、続いてステップ92で X 、 Y 近傍の道路データが地図メモリ306から読み込まれる。

【0118】次にステップ93において、現在位置 X 、 Y を中心として所定距離以内にある道路リンクを特定し、これらの範囲内にある全ての道路リンクを対象として検索を開始する。この際、所定距離以内にある道路リンクの1つを選択し、この選択した道路リンクに下ろした垂線の足の位置を X_m 、 Y_m とする。

【0119】ステップ94では、前記選択された道路リンクに対して、移動体方位 θ_{gps} とリンク方位とが比較され、所定値以内で一致している場合、ステップ95に進む。そしてステップ95では、道路リンクデータのひとつとしてリンク勾配情報が備えられている場合には、このリンク勾配と移動体勾配 γ とが比較され、両者が所定値以内で一致している場合、そのリンク勾配に対応する道路リンクに相当する道路を走行していると見なし、ステップ96において、現在位置が道路リンク上の X_m 、 Y_m に、移動体位置がマッチングされる。

【0120】そして、移動体位置推定割込処理70の最終推定結果として道路リンク上の X_m 、 Y_m が、移動体の現在位置 X 、 Y として出力される。この時、位置だけでなく移動体方位も道路リンクの方位と置き換える構成としてもよい。これにより、図9のステップ80による方位の再設定が行えない状態、すなわちGPSの通常測位が行えない状態が長く続いても、移動体方位に大きな誤差が発生することを防ぐことができる。

【0121】ステップ94およびステップ95のいずれかにおいて No となった場合は、ステップ97へ進み、すべての道路リンクのチェックが終了したかを判断し、チェックが終了していない場合（ステップ97で No ）には、再度ステップ93に戻り、別の道路リンクに対し同様の比較を試みる。

【0122】ステップ93で検索した所定距離以内にある全ての道路リンクについて、ステップ94およびステップ95が同時に満足されず、マッチングすべき道路リンクが無いと判断された場合（ステップ97で Yes ）には、現在位置 X 、 Y は入力値のまま、移動体位置推定割込処理70の最終推定結果として出力される。

【0123】本実施形態によれば、図10のマップマッチング処理手順で示したように、従来、位置の近さ（ステップ93）と方位の合致度（ステップ94）等からマ

ッチングすべき道路リンクを割り出していたのに加え、ステップ 95 で新たに移動体の進行方向勾配を照合項目に導入することができ、より正確なマップマッチングが可能となる。例えば、平面的には同じ位置、同じ方位となる高架道路と高架下道路の識別が可能になり、これにより上下どちらの道路を走行しているかによって誘導内容が大きく変わる経路誘導機能は大幅な性能向上が図れる。

【0124】さらに、本実施形態によれば、上記勾配情報を取得するに際して、専用のセンサを新たに追加することなく安価に実現でき、かつまた上記数 10 に示した勾配算出式からもわかるように、移動体方位や速度に自立航法系の正確なセンサ情報が入れられるため、GPS 測位によって得られる速度ベクトルだけで算出した勾配情報よりも、より高精度に勾配を算出することができる。

【0125】本実施形態では、道路の勾配について述べたが、上記のようにして得られた勾配情報を接続する等して、移動体の移動した道路あるいは地表面の、所定の基準点に対する高度を求め、この高度情報を勾配情報の代わりに用いる構成としてももちろん構わない。

【0126】次に、本発明を適用した GPS ナビゲーション装置の第 2 の実施形態について説明する。

【0127】本実施形態は、上記第 1 の実施形態での衛星選択処理 (図 8 のステップ 653) の詳細を除いては、上記第 1 の実施形態と同じ構成及び作用効果を有する。以下では、この衛星選択処理の具体例を図 11、12 を用いて説明する。

【0128】衛星選択処理の第 1 の例 653-1 は、図 11 に示すように、最初、ステップ 140 では、受信可能な GPS 衛星のうちの 1 つを選び、この衛星についての衛星情報を取得する。

【0129】次に、ステップ 141 で、前記衛星情報に含まれている衛星の位置を絶対座標系 (図 3 参照) から、図 8 のステップ 651 で入力された移動体位置を原点とする座標系 (図 4 参照) に変換し、ステップ 142 で受信衛星の方位角 α 、仰角 β を算出する。なお、本例の処理では、衛星の選択に際しては仰角 β だけを考慮するため、座標変換以外の方法により仰角だけを求める構成としても構わない。

【0130】次に、ステップ 144、146、148 により、仰角 β が最大の GPS 衛星だけを選択する。

【0131】上記衛星選択基準の根拠は、基本的に勾配算出精度の向上のためには鉛直方向の変化を精度良く見積もる必要がある、ということにある。したがって、本実施形態では、GPS 衛星と地球上の移動体との間のレンジやその変化率のレンジレートを用いて測定する GPS においては、鉛直方向に感度のある衛星配置、すなわち仰角の高い衛星が選ばれることになる。ただし、仰角 90 度は、上記数 10 の勾配算出式からもわかるよう

に、分母の $A (= \cos \beta \cos (\theta - \alpha))$ が零となってしまう特異点となるため、仰角 90 度近傍は例外的に除外する必要がある。

【0132】衛星選択処理の第 2 の例 653-2 は、図 12 に示すように、最初にステップ 150 で移動体の方位 θ を取得し、ステップ 151、152、153 により、受信衛星の方位 α および仰角 β を取得する。なお、本例では衛星の方位 α だけを選択判定に利用しているため、衛星の方位 α だけを他の方法で求めても良い。

10 【0133】ステップ 154、155、156 では、衛星の方位角 α が移動体の進行方向 θ もしくはその 180 度反対方向に近い、所定の角度範囲内に入る GPS 衛星だけを選択する。

【0134】上記衛星選択基準の根拠は、上記同様、勾配算出精度の向上のためには鉛直方向の変化を精度良く見積もる必要があることに加え、水平面内での移動体の進行方向の変化も精度良く見積もる必要がある、ということにある。したがって、GPS 衛星と地球上の移動体との間のレンジやその変化率のレンジレートを用いて測定する GPS においては、移動体の進行方向に感度のある衛星配置、すなわち衛星の方位角 α が移動体の進行方向 θ に近い、もしくはその 180 度反対方向に近い GPS 衛星が選択されることになる。

【0135】ここで、上記数 10 の勾配算出式で説明したように、式中の \pm は、+ が対象とする衛星が車の後方側にある場合 ($90^\circ < \theta - \alpha < 270^\circ$)、- が対象とする衛星が車の前方側にある場合 ($0^\circ < \theta - \alpha < 90^\circ$ 、 $270^\circ < \theta - \alpha < 360^\circ$) である。このことから、勾配算出に適した衛星として、上記衛星選択処理 653-2 の選択基準に当てはめ、進行方向とその反対方向の 2 つの衛星を選ぶとすると、両者の勾配算出誤差は、真値を境に正と負になり易くなる。このような性質を使えば、両者の勾配算出値を平均することにより、上記数 10 の勾配算出誤差を相互に補正した衛星選択も可能となる。

【0136】本実施形態によれば、上記数 10 の勾配算出の基本式から、勾配算出に適した衛星配置条件が明らかになっており、その基準にそった衛星を優先的に選択することにより、勾配の算出精度をさらに向上させることができる。

40 【0137】この際、上述のように、複数個の適用可能な衛星から必ずしも一つに絞る必要はなく、上記のような仰角データや方位角データを基にして各々の衛星情報に重みを付けた形で複数の衛星を選択し、これら衛星からのデータと各データの重みに応じて、平均的な勾配を求めることにより、勾配の高精度化を図ってもよい。

【0138】また、上記数 10 の勾配算出の基本式から明らかなように、原理的には 1 個以上の衛星信号が受信可能であれば勾配は算出できる。したがって、本実施形態の衛星選択条件にそった最適な衛星を選べば、GPS の通常測位の条件に制限されことなく、常時、高精度

な勾配算出が実現できる。

【0139】次に、本発明を適用した第3の実施形態について説明する。

【0140】本実施形態は、上記第1の実施形態でのマップマッチング処理（図9のステップ90）の詳細を除いては、上記第1の実施形態と同じ構成及び作用効果を有する。以下では、このマップマッチング処理の具体例を図13を用いて説明する。

【0141】図13に示す処理手順は、上記図10のマップマッチング処理手順にステップ94-1、94-2を加えたものであり、その他の処理手順は上記図10と同じである。すなわち、上記図10では道路リンクデータに勾配データがあることを前提にしていたが、ここでは、その勾配データがない場合の処理を追加したものである。

【0142】本処理では、ステップ94-1で対象としている道路リンクデータに勾配データがあるかないかを判定し、ある場合は上記図10と同様のフローで処理を進める。勾配データがない場合はステップ94-2に進み、地図メモリ306（図2参照）の対象とするリンクデータ格納部分に算出した勾配データを書き込む。その後、勾配データによる照合ができなかったことから、従来通り位置と方位による照合のみでマッチング状態と判定する（ステップ96）。

【0143】なお、本実施形態では、地図メモリ306が格納する地図データに含まれている道路リンクデータの格納部分には、ここで考慮している勾配情報の格納が可能な構成を備えているものとする。

【0144】本実施形態によれば、地図データの情報量不足や不正確さを補えるだけでなく、こうして追加、修正した道路を再び走行した場合に、今度は勾配データによる照合も行えることから、より高精度な位置検出が可能となる。

【0145】さらに、本実施形態によれば、移動体の移動に伴い、地図データの勾配情報を学習していくことが可能となる。さらに、次に示す第4の実施形態のリアリティのある3次元表示が行える頻度を増やすことが可能にもなり、システム全体の総合的な性能向上にもつながる。

【0146】なお、本実施形態のマップマッチング処理に加えて、位置と方位による合致度が極めて高く、その他に道路リンク候補がない場合において、ステップ95での勾配データによる照合だけが合致しない場合は、道路リンクの勾配データが不正確と見なし、本実施形態で算出した勾配データで、その道路リンクの勾配データを修正する構成としてもよい。

【0147】また、上記勾配データを用いる代わりに、勾配データに基づいて道路の高度に関するデータを導きだし、この高度データを、マッチング判定時の条件の一つとして用いたり、さらに道路リンクのデータの一つと

して格納あるいは必要に応じて修正するよう構成しても良い。

【0148】次に、本発明を適用した第4の実施形態を説明する。

【0149】本実施形態は、上記第1の実施形態の表示装置308にナビゲーション画面を表示する表示処理部22（図5のステップ46、54）の詳細を除いては、上記第1の実施形態と同じ構成及び作用効果を有する。以下では、勾配情報をユーザに知らせる勾配情報伝達方法の具体例を、図14を用いて説明する。

【0150】図14は、表示装置308に、自転車マーク410を中心に、移動体の走行状態を、背景としての空412と合わせて、鳥瞰図表示したものである。

【0151】本発明で新たに取得した勾配情報は、まず、地図画面400上に勾配分だけ、あるいは、それに応じて強調された分だけ折れ曲がったグリッドライン401により、その勾配が直観的にユーザにわかるように表示される。

【0152】さらに、本実施形態では、画面右下にウィンドウ402がオープンされ、その中に勾配を真横から見た模式図404が描かれる。また、本発明により高精度に算出された勾配量を406のように数字で表示し、勾配の程度をユーザに伝える。また、この時の車速や勾配情報などの走行状態を評価し、警報が必要であれば408のような形で表示する。

【0153】また、画像表示の代わりに音声や発光によりユーザに伝達する構成としても良い。

【0154】本実施形態によれば、本発明で新たに取得された勾配情報が、ユーザに直観的にわかるように伝えられ、なおかつ勾配量などの詳細情報も定量的に把握できる。さらに、他の走行情報と合わせて安全上の警報等も発生させることができ、多機能でヒューマンインターフェースの面で優れたGPSナビゲーション装置を提供することができる。

【0155】

【発明の効果】本発明のGPSナビゲーション装置によれば、GPSの測量の原理から精度が落ちるとされる鉛直方向の計測、特に勾配計測を、自立航法系のセンサ等と合わせた本方式により、専用のセンサを追加することなしに安価で、かつ高精度に実現できる。

【0156】さらに、本発明によれば、高架道路と高架下道路の識別が自動的に行え、測位精度が向上するだけでなく、特に、ナビゲーション機能の一つである経路誘導性能を著しく向上させることができる。

【0157】さらに、本発明で新たに取得した勾配情報を用いれば、より現実の走行状態に近いリアリティのある3次元表示が可能になり、ヒューマンインターフェースの面で優れたナビゲーション装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のGPSナビゲーション装置の一実施形

10

20

30

40

50

態の構成を示すブロック図。

【図 2】本発明のハードウェア構成例を示すブロック図。

【図 3】本発明の勾配算出の原理を説明するための説明図。

【図 4】図 3 の要部の詳細を示す説明図。

【図 5】本発明の GPS ナビゲーション装置のゼネラルフローを示すフローチャート。

【図 6】図 5 の移動体方位算出割込処理のフローチャート。

【図 7】図 5 の移動体速度算出割込処理のフローチャート。

【図 8】図 5 の移動体勾配算出割込処理のフローチャート。

【図 9】図 5 の移動体位置推定割込処理のフローチャート。

【図 10】図 9 のマップマッチング処理のフローチャート。

【図 11】図 8 の衛星選択処理の一実施形態を示すフローチャート。

【図 12】図 8 の衛星選択処理の他の実施形態を示すフローチャート。

【図 13】本発明の勾配情報を地図メモリに書き込む一実施形態でのマップマッチング処理を示すフローチャート。

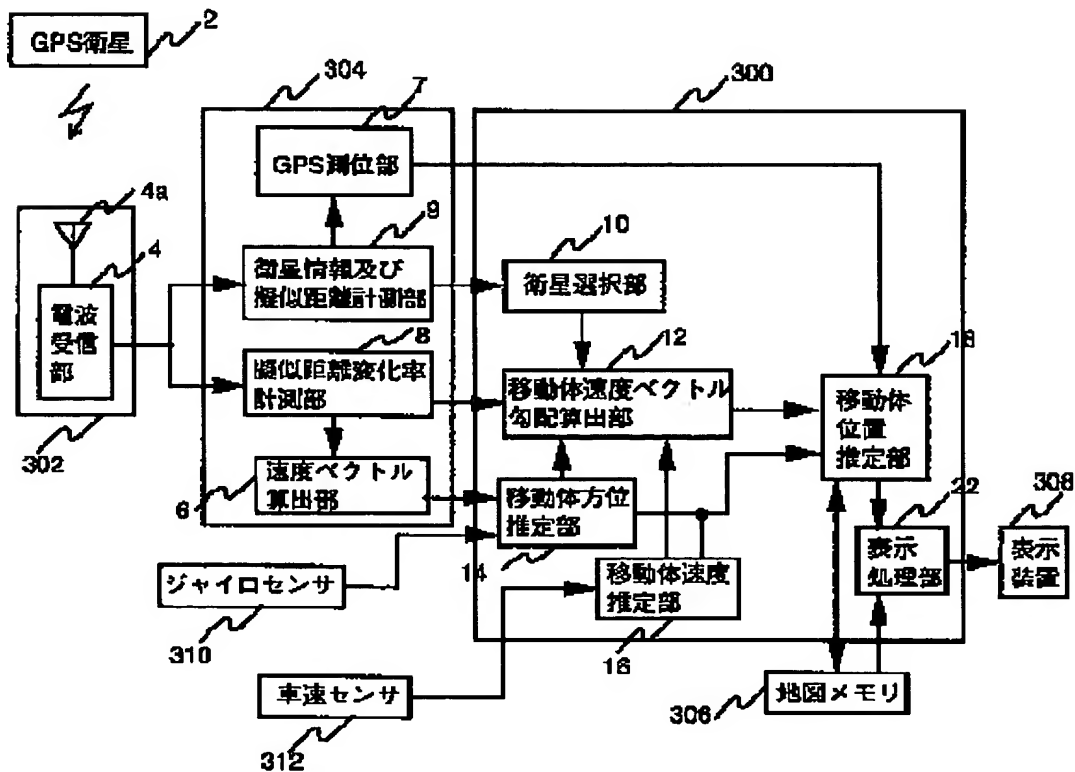
【図 14】図 1 の表示装置に表示される画面の一実施形態を示す説明図。

10 【符号の説明】

2…GPS衛星、8…擬似距離変化率計測部、9…衛星情報及び擬似距離計測部、10…衛星選択部、12…移動体速度ベクトル勾配算出部、14…移動体方位推定部、16…移動体速度推定部、18…移動体位置推定部、98…勾配データ追加処理、140…衛星選択処理、304…GPS受信機、306…地図メモリ、308…表示装置、310…ジャイロセンサ、312…車速センサ。

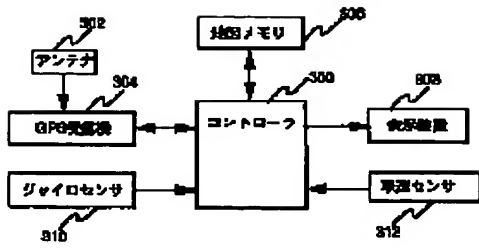
【図 1】

図 1



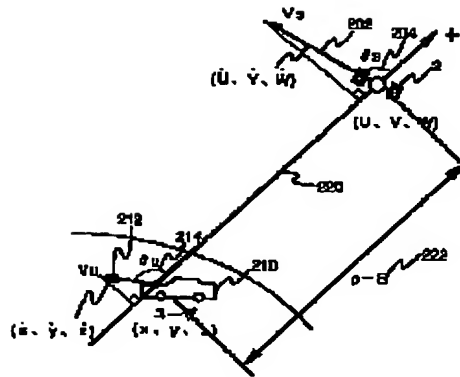
【図 2】

図 2



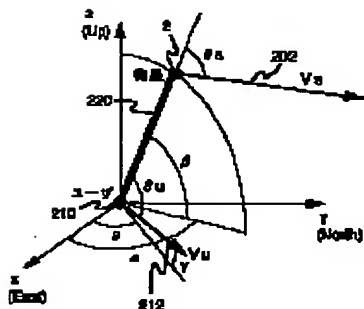
【図 3】

図 3



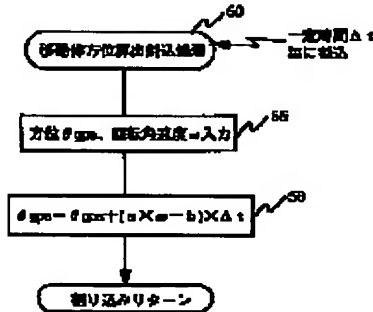
【図 4】

図 4



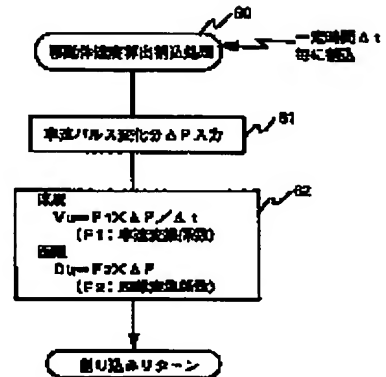
【図 6】

図 6



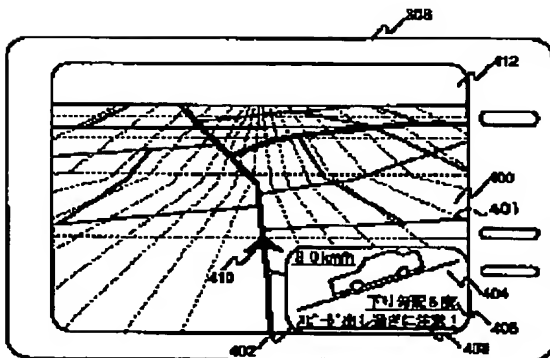
【図 7】

図 7



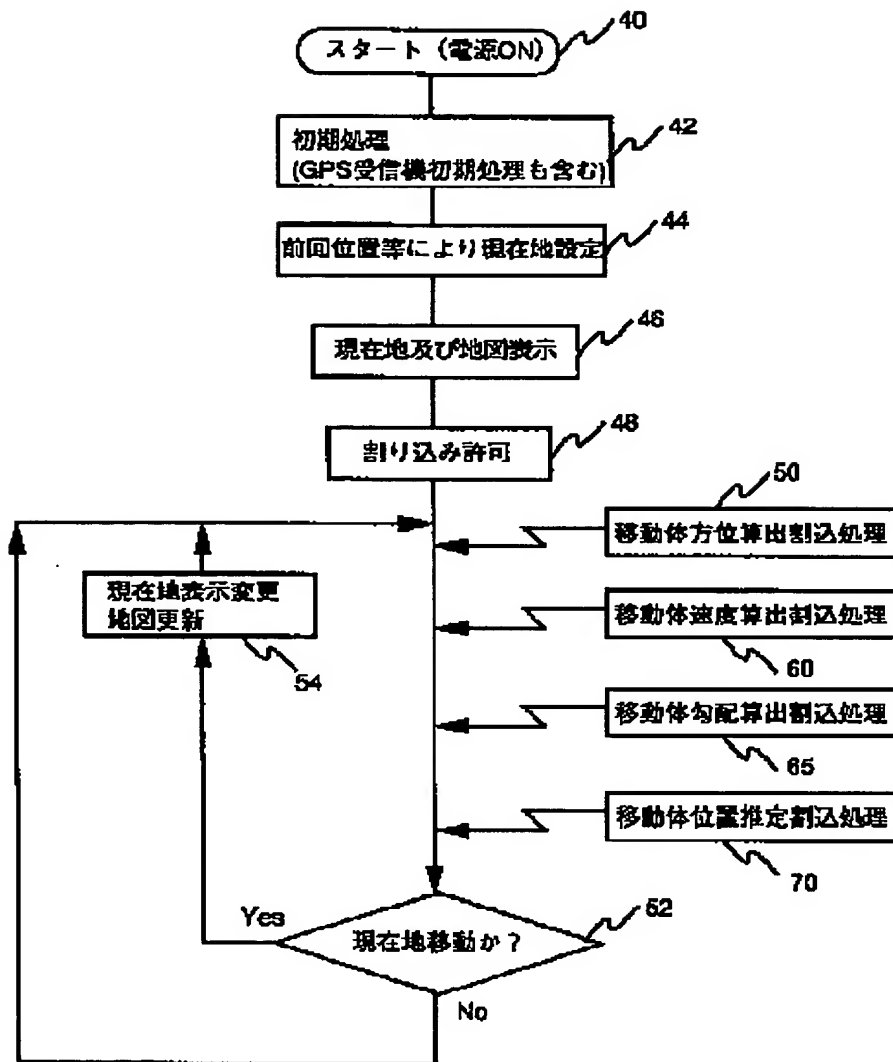
【図 14】

図 14

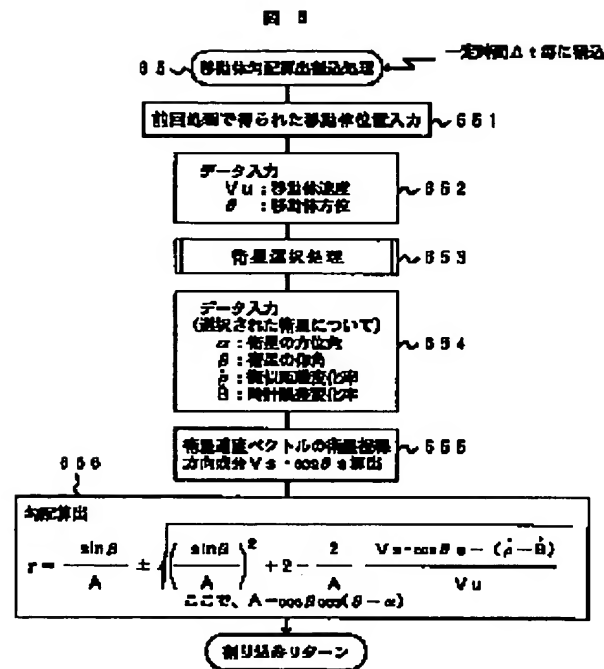


【図5】

図5

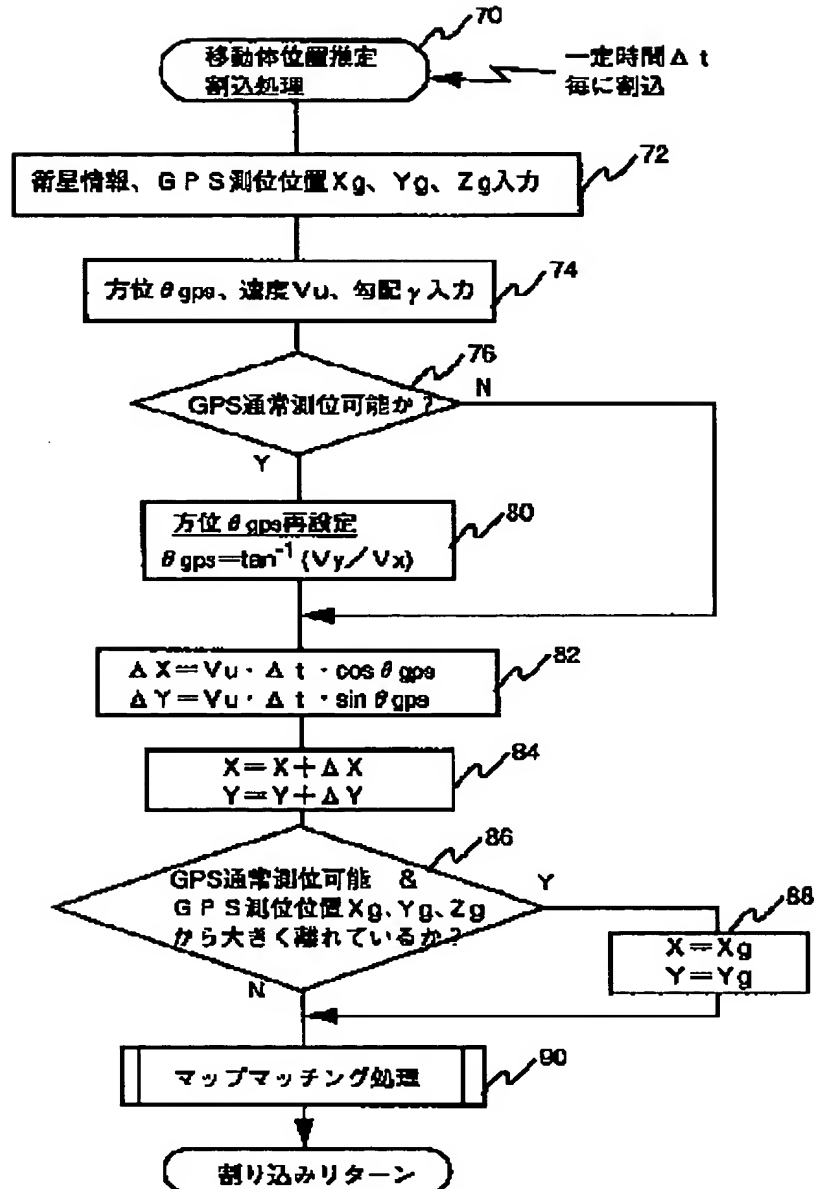


【図 8】



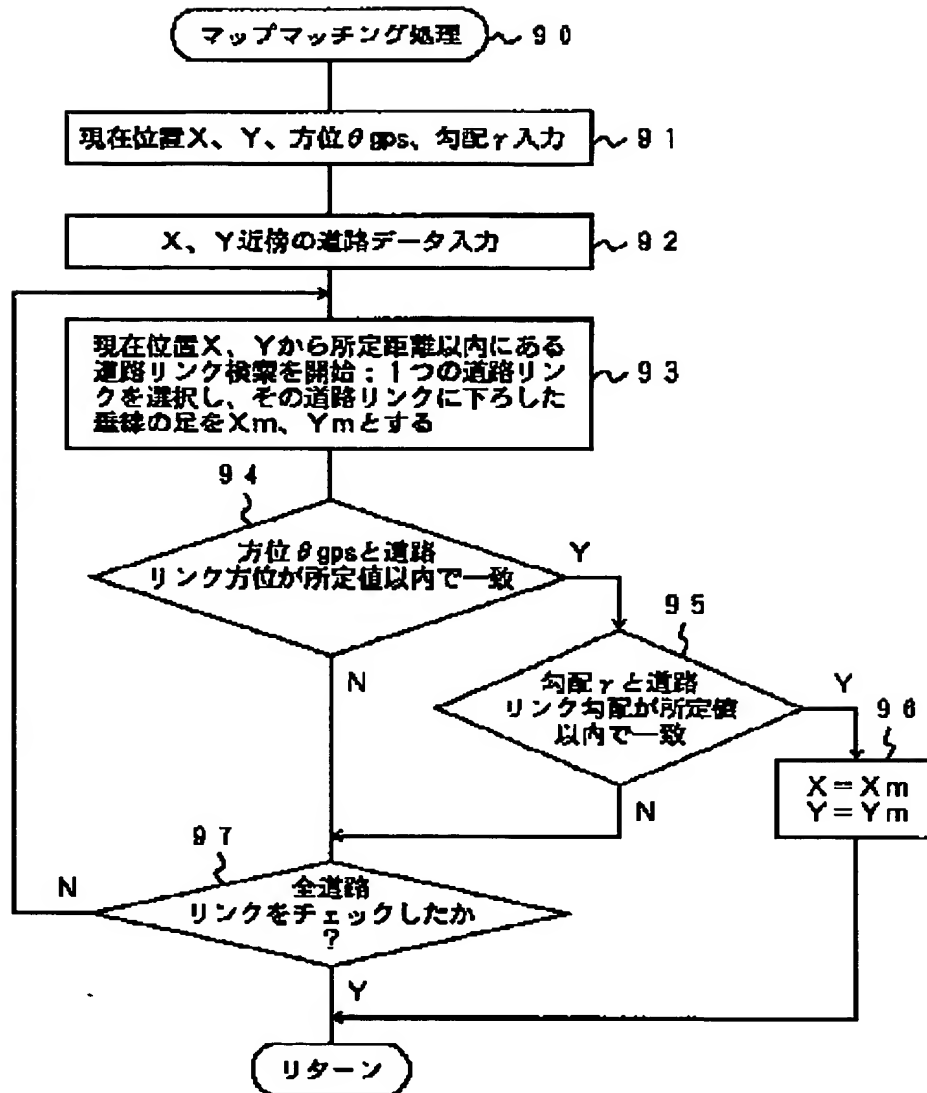
【図9】

図9



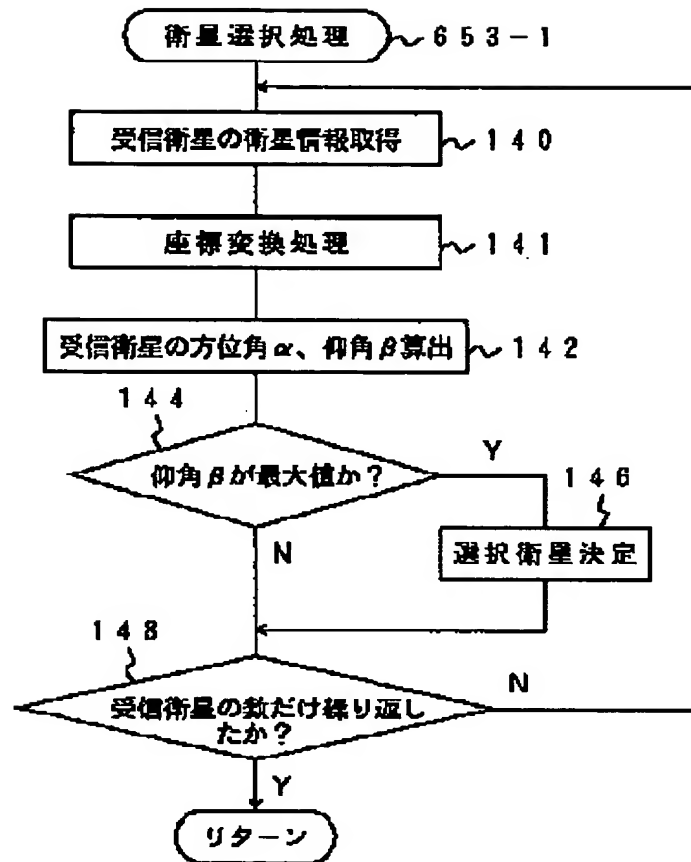
【図 10】

図 10



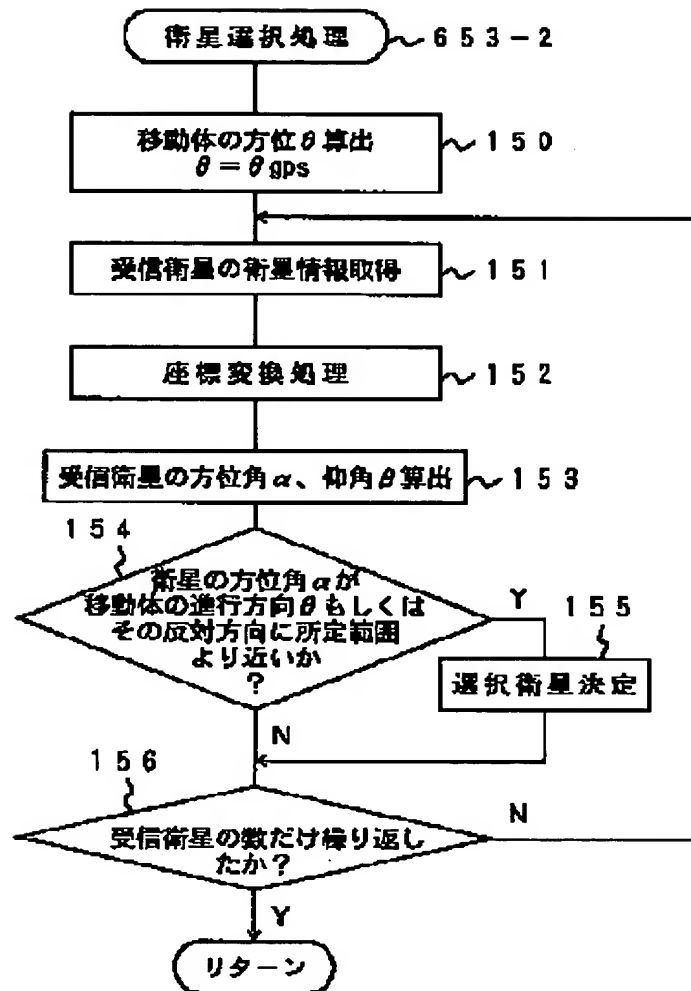
【図 11】

図 11

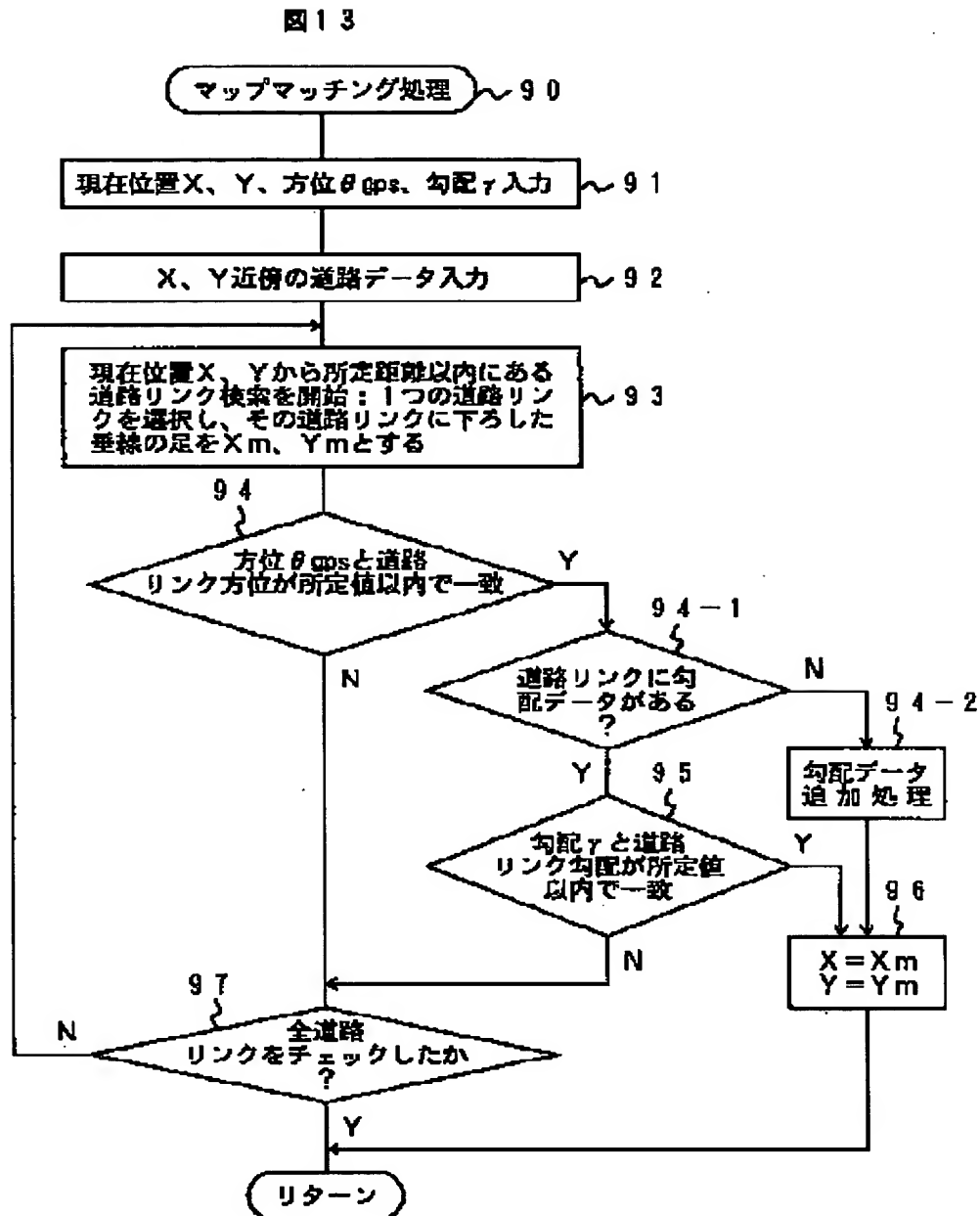


【図 12】

図 12



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 黒田 浩司
茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 中村 浩三
茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所日立研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.